

⑯

Int. Cl. 3:

⑯ BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

B22D 15/02

F 01 D 5/18

DEUTSCHES PATENTAMT



DE 30 17 041 A 1

⑮

Offenlegungsschrift 30 17 041

⑯

Aktenzeichen: P 30 17 041.3

⑯

Anmeldetag: 3. 5. 80

⑯

Offenlegungstag: 20. 11. 80

⑯

Unionspriorität:

⑯ ⑯ ⑯

4. 5. 79 Ver. Königreich 7915692

⑯

Bezeichnung: Turbinenschaufel und Verfahren zur Herstellung einer Turbinenschaufel

⑯

Anmelder: The English Electric Co. Ltd., London

⑯

Vertreter: Reichel, W., Dipl.-Ing.; Lippert, H., Dipl.-Ing.; Pat.-Anwälte,
6000 Frankfurt

⑯

Erfinder: Bell, John Kenneth Alexander, Beverley, Mass.;
Stuart, Alan Roy, Cincinnati, Ohio (V.St.A.);
Butt, Graham Philip, Thornton, Leicestershire (Ver. Königreich)

DE 30 17 041 A 1

Patentanwälte
Reichel u. Reichel
Parkstraße 13
6000 Frankfurt a. M. 1

3017041

9656

The English Electric Company Limited, London, England

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zur Herstellung einer Turbinenschaufel, dadurch gekennzeichnet, daß eine hohle Schaufel (12) mit einer Innenfläche, die einen Innenraum (19) in der Schaufel (12) abgrenzt, und mit Öffnungen (26), die in den Innenraum (19) einmünden, ausgebildet wird, und daß ein am Ende offener Teil des Innenraumes, der ein relativ großes Streckenverhältnis von Längs- zu Querabmessung hat und eine der Öffnungen aufweist, die in einen seiner Endabschnitte einmündet, vom Rest des Innenraumes (19) abgetrennt wird, indem an der Innenfläche ein Trennelement (35) befestigt wird, das selbst oder zusammen mit einem Teil der Innenfläche diesen Teil des Innenraumes abgrenzt.

2. Hohle Turbinenschaufel mit einer Innenfläche, die einen Innenraum in der Schaufel abgrenzt, gekennzeichnet durch Öffnungen (26), die in den Innenraum (19) einmünden, und ein Trennelement (35), das selbst oder zusammen mit einem Teil der Innenfläche einen an einem Ende offenen Teil des Innenraumes (19) mit einem relativ großen Streckenverhältnis von Längs- zu Querabmessung abgrenzt, wobei eine der Öffnungen (26) in einen seiner Endabschnitte einmündet und diesen Teil vom Rest des Innenraumes (19) abtrennt.

03004710753

- 2 -

3. Turbinenschaufel nach Anspruch 2,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
daß die Innenfläche mit Aussparungen (25) versehen ist,
die sich im allgemeinen in radialer Richtung der Schaufel
erstrecken und jeweils an ihrem radialen inneren Ende mit
einer zugehörigen Öffnung (26) in Verbindung stehen, und
daß Trennelemente in Form von Rohren (35) vorgesehen sind,
wobei jedes Rohr (35) in einer zugehörigen Aussparung
in gutem Wärmekontakt mit der Innenfläche befestigt ist
und mit einem Ende in die zugehörige Öffnung (26) ein-
greift und die Verbindung zum Eintritt von Kühlfluid
durch die Öffnung (26) herstellt.

4. Turbinenschaufel nach Anspruch 3,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
daß das andere Ende eines jeden Rohres (35) zum Schaufel-
äußerem hin geöffnet ist.

5. Turbinenschaufel nach Anspruch 3,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
daß das andere Ende eines jeden Rohres (35) zum Rest
des Innenraumes (19) hin geöffnet wird, und daß der Rest
des Innenraumes (19) einen Auslaß für das Kühlfluid auf-
weist.

6. Turbinenschaufel nach Anspruch 2,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
daß die Innenfläche mit Aussparungen (25) versehen ist,
die sich im allgemeinen in radialer Richtung der Schaufel
erstrecken und jeweils an ihrem radialen inneren Ende mit
einer zugehörigen Öffnung (26) in Verbindung stehen, und
daß ein Trennelement in Form einer Platte vorgesehen ist,
die eine Abschlußwand für die Aussparungen (25) bildet und
den Kühlmittelstrom aus den Öffnungen (26) gegen die Innen-
fläche zurückhält.

30456041

- 3 -

The English Electric Company Limited, London , England

Turbinenschaufel und Verfahren zur Herstellung einer Turbinenschaufel.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Turbinenschaufel sowie eine hohle Turbinenschaufel mit einer Innenfläche, die einen Innenraum in der Schaufel abgrenzt.

Die Erfindung ist sowohl auf Turbinenleitschaufeln, als auch auf Turbinenläuferschaufeln oder Turbinenschaufeln anwendbar.

Insbesondere wenn Kühlfluide mit hoher molarer spezifischer Wärme verwendet werden, um Schaufeln zu kühlen, ist es wünschenswert, die Schaufeln einer Gasturbine, die beim Gebrauch hohen Temperaturen unterworfen wird, mit inneren Kühl durchlässen zu versehen, die ein größeres Verhältnis von Längsabmessung zu Querabmessung aufweisen, als das nach den bisher bekannten Herstellungsverfahren erreichbar ist. Eine solche Einrichtung in einer monolithischen Schaufel würde große Schwierigkeiten entweder beim Gießen verursachen, da Gußkerne von einem solchen Streckenverhältnis bzw. von solchen Abmessungen unmöglich über ihre gesamte Länge sicher anzuordnen sind, oder beim Spanabheben, da die Bohrer oder Elektroentladungs- oder elektrochemische Elektroden zur spanabhebenden Bearbeitung dazu neigen würden, abzuirren.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein zuverlässiges Verfahren zur Herstellung einer Turbinenschaufel anzugeben;

030047/0753

- 4 -

bei der die Kühldurchlässe ein relativ großes Verhältnis von Längsbemessung zu Querabmessung aufweisen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren zur Herstellung einer Turbinenschaufel gelöst, bei dem eine hohle Schaufel mit einer Innenfläche, die einen Innenraum in der Schaufel abgrenzt, und mit Öffnungen, die in den Innenraum einmünden, ausgebildet wird, und bei dem ein am Ende offener Teil des Innenraumes, der ein relativ großes Streckenverhältnis von Längs- zu Querabmessungen hat und eine der Öffnungen aufweist, die in einen seiner Endabschnitte einmündet, vom Rest des Innenraumes abgetrennt wird, in dem an der Innenfläche ein Trennelement befestigt wird, das selbst oder zusammen mit einem Teil der Innenfläche diesen Teil des Innenraumes abgrenzt.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung, in der sie auf eine Turbinenläuferschaufel angewendet ist, ist die Innenfläche mit Aussparungen versehen, die sich im allgemeinen in radialer Richtung der Schaufel erstrecken und die jeweils an ihrem radialen inneren Ende mit einer zugehörigen Öffnung in Verbindung stehen, und es sind Trennelemente in Form von Rohren vorgesehen, wobei jedes Rohr in einer zugehörigen Aussparung in gutem Wärmekontakt mit der Innenfläche befestigt ist und mit einem Ende in die zugehörige Öffnung eingreift und die Verbindung zum Eintritt des Kühlfluids durch die Öffnung herstellt. Das andere Ende eines jeden Rohres kann zum Schaufeläußersten hin geöffnet sein oder zum Rest des Innenraumes, der in diesem Fall mit einem Auslaß für das Kühlfluid verschen ist.

Weitere Merkmale, Einzelheiten und Vorteile des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens und der erfindungsgemäßen Turbinenschaufel ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels des Verfahrens und der Schaufel sowie anhand der Zeichnungen.

03004770753

- 5 -

Dabei zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer zusammengesetzten Gußkernkonstruktion, die beim Gießen einer Turbinenschaufel nach dem erfindungsgemäßen Herstellungsverfahren verwendet wird;

Fig. 2 einen Querschnitt durch eine erfindungsgemäße Turbinenschaufel, die unter Verwendung der Gußkernkonstruktion gemäß Fig. 1 hergestellt ist ;

Fig. 3 eine perspektivische Ansicht der Schaufel gemäß Fig. 2, und

Fig. 4 einen Ausschnitt aus einem Querschnitt, der einem Teil von Fig. 2 entspricht , jedoch von einer Schaufel in abgewandelter Ausführungsform.

Die zusammengesetzte Gußkernkonstruktion 11, die in Fig. 1 dargestellt ist, wird beim Gießen einer aus zwei Kammern bestehenden, hohlen Turbinenläuferschaufel bzw. Turbinenschaufel 12 verwendet, die in Fig. 2 und 3 dargestellt ist, aus deren äußerer Form man die Form der (nicht dargestellten) Gießform abschätzen kann, die in Verbindung mit der Gußkernkonstruktion 11 verwendet wird. Die Schaufel 12 wird derart ausgebildet, daß sie einen hohlen Flügelabschnitt 13 und einen hohlen Fußansatz bzw. Fußteil 14 aufweist, auf dem der Flügelabschnitt 13 von einem einstückig gegossenen, lasttragenden Holm 15 und einer Schaufelplatte 16 getragen wird.

Die Gußkernkonstruktion 11 umfaßt erste und zweite Gußkerne 17 und 18, die hohle Kammern 19 und 20 in den Schaufelabschnitten 13 und 14 ausbilden, wobei sich durch den letzteren der Holm 15 hindurchstreckt (entsprechend dem Durchlaß 21, der durch den Gußkern 18 hindurch ausgebildet ist). Der Gußkern 17 ist mit Rillen bzw. Aussparungen

- 6 -

22 versehen und bezüglich des Gußkernes 18 durch Stangen 23 festgelegt, die vorzugsweise aus Silizium-[di]-oxid bzw. aus Hartglas bestehen, die in die Aussparungen 22 eingesetzt sind und einen Endabschnitt aufweisen, der in eine entsprechende Öffnung 24 in dem Gußkern 18 eingesetzt ist. Jede Stange bzw. jeder Stab 23 erzeugt in der Schaufel 11 eine zugehörige Aussparung 25 in der Innenfläche, die die Kammer 19 abgrenzt, und eine zugehörige Öffnung 26 zwischen den Kammern 19 und 20. Der Gußkern 17 kann - wie dargestellt - so ausgebildet sein, daß er eine Ausnehmung 27 aufweist, die beim Gießen der Schaufel eine entsprechende Versteifungsrippe 28 erzeugt. Der Gußkern 18 ist mit einander gegenüberliegenden Vorsprüngen 29 versehen, die Öffnungen 30 in dem Schaufel-formling erzeugen, und weist einen Vorsprung 31 auf, der in dem Schaufelformling eine Kühlmittel-Eintrittsöffnung 32 erzeugt. Die äußeren Endabschnitte der Vorsprünge 29 und 31 bilden Gußkernabstützungen zum Festlegen des Gußkerngebildes in der Gießform während des Gießens, und eine weitere Gußkernabstützung ist durch eine Verlängerung 33 des Gußkerns 17 ausgebildet, die eine Öffnung 34 in der in radialer Richtung außen liegenden Spitze des Schaufel-Flügelabschnitts 13 erzeugt. Die Hinterkante des Abschnittes 13 kann ebenfalls, oder alternativ, mit einer Schlitzöffnung für die Kammer 19 versehen sein, wenn der Gußkern 17 mit einer entsprechenden Hinterkantenverlängerung versehen ist, wie durch die gestrichelte Linie bei 34 in Fig. 1 dargestellt ist, wobei die Verlängerung dann eine weitere Gußkernabstützung während des Gießvorganges bildet.

030047/0753

- 7 -

Nach dem Gießen der Schaufel 12 und dem Entfernen des Gußkerngebildes 11 aus ihrem Inneren werden am Ende offene Metallrohre 35 in die Rillen bzw. Aussparungen 25 eingebaut, wobei sie sich durch die Verstärkungsrippe 28 (falls vorhanden) erstrecken, und jedes Rohr wird mit einem Ende in eine entsprechende Öffnung 26 eingesetzt und in dieser Stellung standsicher befestigt, vorzugsweise durch Hartlöten . Insbesondere wenn keine Rippe 28 vorgesehen ist, kann es vorteilhaft sein, die Aussparungen 25 mit einer Tiefe auszuführen, die größer als der Rohrradius ist, so daß jedes Rohr bis über seine Mitte hinaus in seine Aussparung eingedrückt wird und während des Anlötens zwangsläufig festgelegt ist. Die Rohre können auch mit Hilfe von aufblasbaren Metallbeuteln festgelegt werden (nicht dargestellt).

Wie in Fig. 2 dargestellt ist, kann die Innenfläche des Schaufelfußteils 14 mit tragenden Flächen bzw. Stegen 36 zur Befestigung eingelöteter Aufprallplatten 37 mit Löchern 38 versehen sein. Die Öffnungen 30 in dem Fußteil 14 werden mit Verschlußplatten 39 abgeschlossen.

Ein mit den oben beschriebenen Schaufeln versehener Turbinenläufer enthält eine Einrichtung zur Zufuhr eines Kühlfluids durch die Kühlmittelzuführöffnung 32 jeder Schaufel in ihre Kammer 20, in der das Kühlmittel, das im allgemeinen sich radial nach außen bewegt, wie durch den Pfeil 40 in Fig. 2 angedeutet ist, auf die Platten 37 aufprallt und durch ihre Öffnungen 38 hindurchgeht, um die Schaufelplatte 16 zu kühlen, bevor es durch die Öffnungen 26 in die Rohre 35 eindringt, um den Flügelabschnitt 13 zu kühlen. Die Rohre 35 sind vorzugsweise unterschiedlich beabstandet, um Änderungen des äußeren Wärmeübergangskoeffizienten und der Temperaturen des Gasstromes um die Flügelaußenfläche herum auszugleichen und so eine im wesentlichen gleichmäßige Metalltemperaturverteilung an der äußeren Umfangsfläche zu erreichen. Die Rohre können Mittel

030047/0753

- 8 -

zur Förderung der Wärmeübertragung enthalten.

Das Kühlmittel fließt durch die Rohre 35 radial nach außen und tritt entweder durch die Öffnungen 34 aus der Schaufel an ihrer Spitze aus oder , wenn die Öffnung 34 mit Hilfe einer Verschlußplatte 41 verschlossen ist, wie in Fig. 2 oder 3 dargestellt ist, geht es von dem Innenraum der Rohre in den Restraum der Kammer 19 über, um von dort beispielsweise durch Schlitze in der Hinterkante auszuströmen, die durch die Verwendung eines geeignet geformten Gußkerngebildes erzeugt sind, wie es weiter oben mit Bezug auf Fig. 1 beschrieben ist.

Anstatt wie oben beschrieben vorgeformte Rohre 35 einzusetzen, können äquivalente enge Durchlässe für den Kühlmittelfluß vom Rest des Raumes der Kammer 19 abgetrennt werden, in dem dem Formling nur eine Wand für jede Aussparung bzw. Rille hinzugefügt wird – entweder dadurch, daß ein geeignet vorgeformter Metallstreifen in entsprechender Stellung angelötet wird , oder durch Metallabscheidung an Ort und Stelle, beispielsweise durch Plasmaspray oder durch Galvanoformung.

Insbesondere bei Verwendung eines flüssigen Kühlmittels kann die Konstruktion gemäß Fig.2 in der in Fig. 4 dargestellten Weise abgewandelt werden, wobei die Rohre 35 durch die Öffnungen 26 in die Kammer 20 merklich vorspringen und die Prallplatten 37 entfallen. In der in Fig. 4 dargestellten Ausführungsform der Erfindung ist die Zufuhrmenge des flüssigen Kühlmittels ausreichend, um ein ringförmiges Kühlmittelbad 42 zu bilden, das unter dem Einfluß der Zentrifugalkraft innerhalb der Fußteilkammer 20 in direktem thermischen Kontakt mit der Schaufelplatte 16 angesammelt wird. Die Menge, in der die Kühlflüssigkeit in die Rohre 35 abströmt, wird entweder durch die Größe der Endabschnitte der Rohre ge-

- 9 -

steuert oder , in einer bevorzugten Ausführungsform, durch Regulieröffnungen 43 in Kapseln 44, die am inneren Ende der Rohre 35 angebracht sind, wie in Fig. 4 dargestellt ist. Die Tiefe des Kühlmittelbades 42 muß ausreichend sein , um sicherzustellen, daß die Enden der Rohre 35 oder ihre Regulieröffnungen 43 alle eingetaucht sind. Dies kann durch Steuerung der Zufuhrmenge erreicht werden, durch Beibehaltung einer angemessenen konstanten Zufuhrmenge in Verbindung mit der selbstregulierenden Tendenz der Kühlmittelabflußmenge durch die Rohre 35 , die sich nach der effektiven Druckhöhe richtet, oder durch eine überreichliche Zufuhrmenge und einen Überlauf oder eine Überlauföffnung (nicht dargestellt) , die eine konstante Kühlmittelbadtiefe aufrecht erhält und das überschüssige Kühlmittel in einen Rückgewinnungsbehälter ablaufen läßt.

Insbesondere bei Anwendung der Erfindung auf eine Turbinenleitschaufel, jedoch nicht nur in diesem Anwendungsfalle, kann mit Vorteil vorgesehen sein, daß der Kühlmittelabfluß aus der Schaufel gesammelt wird, anstatt ihn einfach abströmen zu lassen, und daß er für einen erneuten Umlauf durch den Kühlmittelkreislauf zurückgeführt wird, nachdem er einer Wärmeaustauscher durchlaufen hat, damit seine Temperatur verringert wird.

3017041

- 10 -

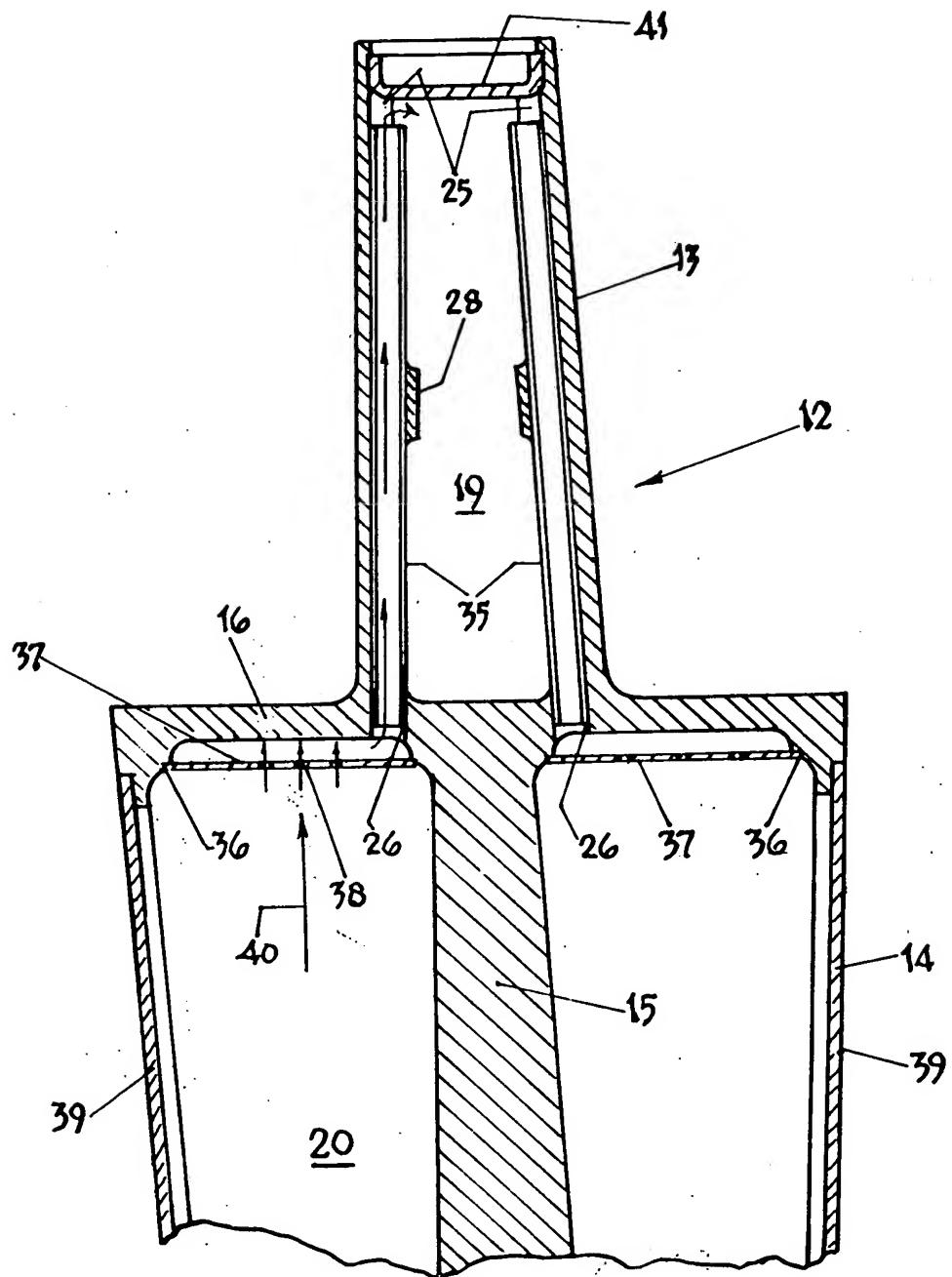


FIG. 2.

030047/0753

3017041

- 11 -

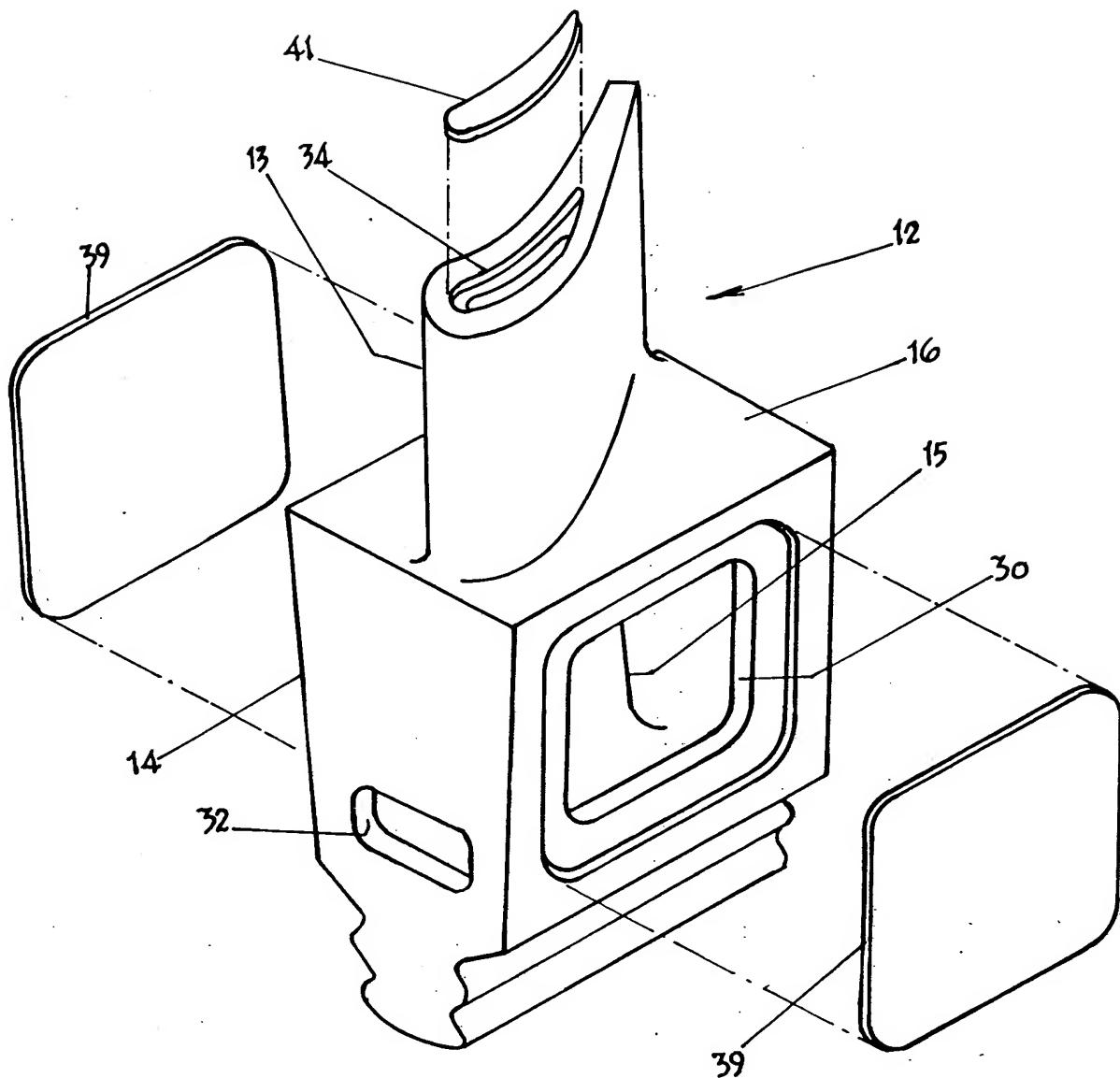


FIG. 3.

030047/0753

3017041

-12-

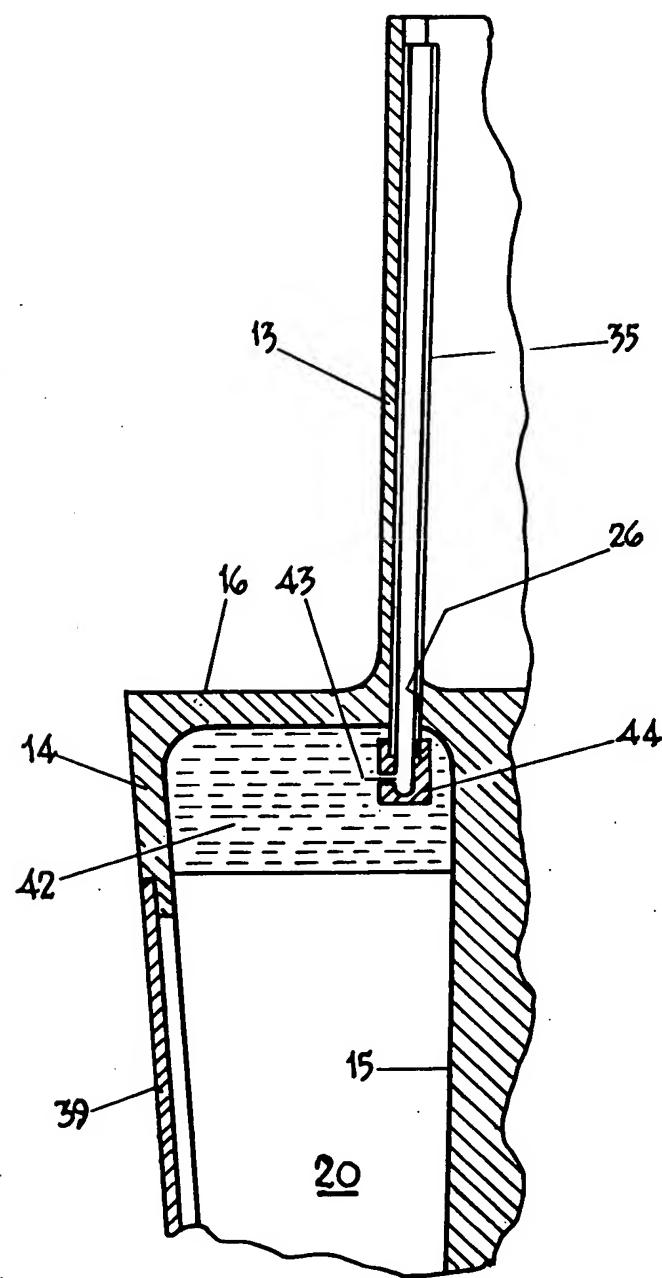


FIG.4.

03004770753

Nummer:

Int. Cl. 2:

Anmeldetag:

30 17 041

B 22 D 15/02

3. Mai 1980

Offenlegungstag:

- 13 -

20. November 1980

3017041

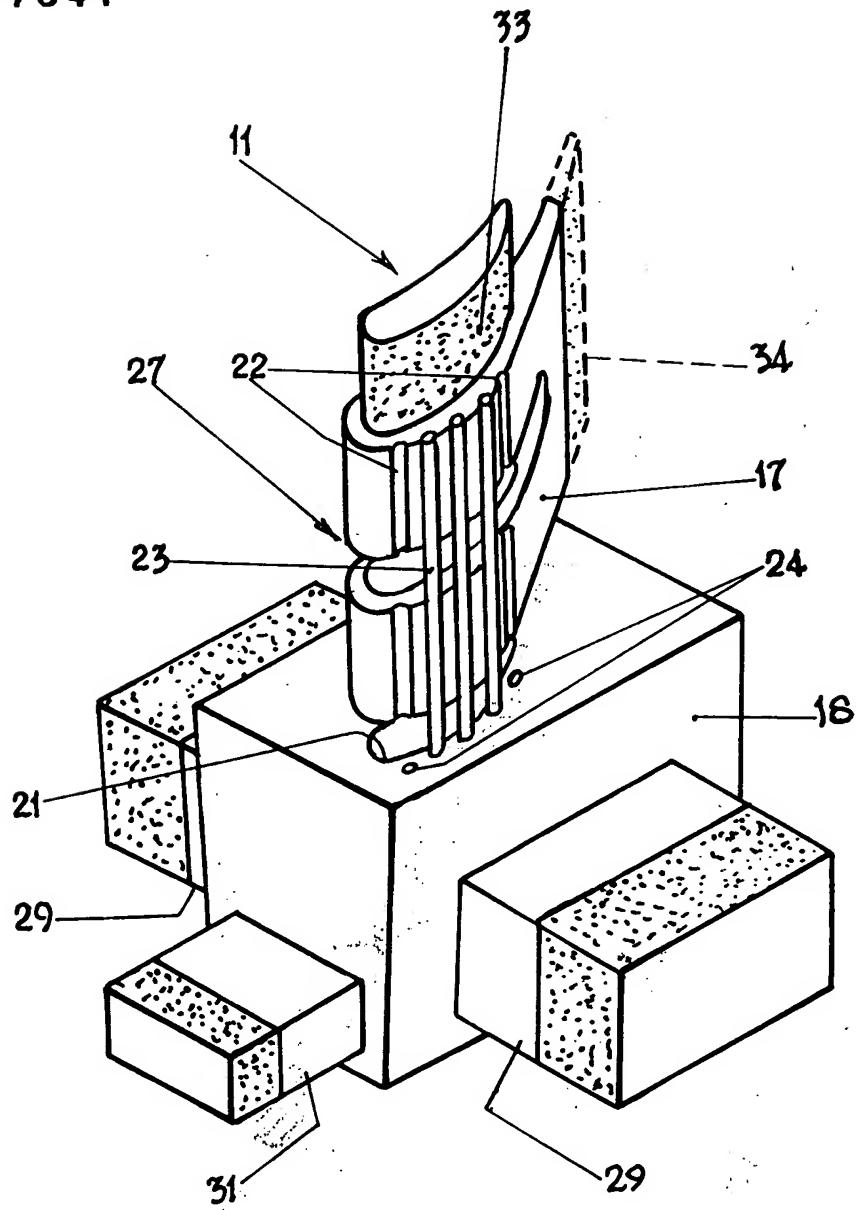


FIG. 1.

030047/0753